

## **Abstract of Japanese Examined Patent Publication No. 2596081**

To measure a gear noise corresponding to a rotation speed within a desired range of the rotation speed by taking out a signal in the frequency range corresponding to the rotation speed of a rotating body and the number of the tooth. When the rotating body R is made to rotate, a vibration synchronized with a timing meshed with the gear G is generated. Such a vibration is detected by a pickup P whereby an electrical signal responding to the vibration is generated. A frequency analysis is made by frequency analyzing means M1 in response to this electrical signal. In frequency range deciding means M3, the specified frequency range is decided in accordance with the rotation speed of the rotating body R which is detected by rotation speed detecting means M2, and the number of the tooth for the gear G. In limited signal collecting means M4, a signal within the frequency range decided by the frequency deciding means M3 is taken out from the signals, frequencies of which are analyzed by the frequency analyzing means M1.

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11)特許番号

第2596081号

(45)発行日 平成9年(1997)4月2日

(24)登録日 平成9年(1997)1月9日

(51)Int.Cl. <sup>8</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 H 17/00			G 0 1 H 17/00	A
G 0 1 M 13/02			G 0 1 M 13/02	

請求項の数1(全 7 頁)

(21)出願番号	特願昭63-191246	(73)特許権者	999999999 トヨタ自動車株式会社 愛知県豊田市トヨタ町1番地
(22)出願日	昭和63年(1988)7月29日	(72)発明者	柴田 和人 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
(65)公開番号	特開平2-38930	(74)代理人	弁理士 足立 勉 (外2名)
(43)公開日	平成2年(1990)2月8日	審査官	新井 重雄
		(56)参考文献	特開 昭62-93620 (J P, A)

(54)【発明の名称】 ギヤノイズ測定装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】 噛み合いギヤを有する回転体の振動に応じた電気信号を発生するピックアップと、  
該ピックアップからの信号を周波数分析する周波数分析手段と、  
予め設定される計測範囲を含む範囲内で上記回転体の回転速度を変化させる回転速度変化手段と、  
上記回転体の回転速度を検出する回転速度検出手段と、  
検出された回転速度と上記ギヤの歯数とに応じた周波数範囲を決定する周波数範囲決定手段と、  
上記周波数分析手段により周波数分析された信号から、周波数範囲決定手段により決定された周波数範囲内の信号を取り出す限定信号採取手段と、  
該限定信号採取手段により取り出された上記信号の上記計測範囲における最大値を抽出する最大値抽出手段と

を備えることを特徴とするギヤノイズ測定装置。

【発明の詳細な説明】

発明の目的

〔産業上の利用分野〕

本発明は、ギヤの噛み合いの良否を判定するギヤノイズ測定装置に関するものである。

〔従来の技術〕

自動車のディファレンシャル等、回転運動を行う機械では多くの場合ギヤが用いられるが、それらのギヤの噛み合いが不良であると、騒音・振動を発生し、機械の寿命を低下させることにもなる。そこで、従来よりギヤノイズを検出し、診断する装置が考案されている。従来のギヤノイズ測定装置は、通常、第5図のような構成となっている。ベンチ等の上で回転するギヤを含む回転体80に振動ピックアップ81を取り付け、振動に応じた電

3

気信号を得る。この電気信号はチャージアンプ82で増幅され、バンドパスフィルタ83を通される。バンドパスフィルタ83は、ある固定された特定の周波数範囲（サンプリング周波数）の信号のみを通過させる回路である。バンドパスフィルタ83を通過した信号は、ログアンプ84で対数化され、ピークホールド回路85でピーク値が検出される。そのピーク値の大小により、回転体80の供試ギヤの良否を判定するのである。

一方、回転体の回転速度を変化させてゆき、その回転体に取り付けた共振子が供試ギヤの噛み合い周波数に共振したときに共振子から出力される信号の大小を判定するという装置も考案されている（特開昭51-78375号公報）。

#### 〔発明が解決しようとする課題〕

上記従来の技術では、いずれも、測定したいギヤノイズ以外のノイズが検出されてしまい、誤判定を起こす可能性がある。すなわち、第6図（a）に示すように、振動ピックアップ81から出力される振動レベル信号の周波数スペクトルのうち、バンドパスフィルタ83では、検出すべき信号の周波数91を含む一定のバンド幅内の信号のみを取り出すのであるが、たまたまこのバンド幅内に、測定したいギヤノイズとは無関係の非定常的のノイズのピーク92が入る場合がある。このとき、ピークホールド回路85の出力振動レベル95は、第6図（b）に示すように、検出すべき振動のレベル93に無関係な振動レベル94が上乗せされた値となり、誤判定を生じる結果となる。

又、もう一つの問題点として、例えば自動車のディファレンシャルギヤ等、使用時に回転速度が変化する機械では、それらの使用回転数の全範囲でギヤノイズを測定し、騒音・振動等の問題点を摘出しなければならないのに対し、従来の測定装置では、ギヤノイズの特性が得られるときの回転体の回転速度がある一つの値に決められてしまうことが挙げられる。これは、バンドパスフィルタのサンプリング周波数が一定値に決められているため、ギヤの歯数を考慮して、回転速度もそれに応じた値に決めないと、目的のギヤノイズを拾うことができないためである。もちろん、1回の測定毎にサンプリング周波数を変更して測定を繰り返してもよいが、これは非常に手間と時間がかかる。

#### 発明の構成

##### 〔課題を解決するための手段〕

上記従来の問題点を解決するための本発明のギヤノイズ測定装置は、第1図にその構成を概念的に示す通り、噛み合いギヤGを有する回転体Rの振動に応じた電気信号を発生するピックアップPと、ピックアップPからの信号を周波数分析する周波数分析手段M1と、予め設定される計測範囲を含む範囲内で上記回転体の回転速度を変化させる回転速度変化手段M5と、回転体Rの回転速度を検出する回転速度検出手段M2と、検出された回転速度及び上記ギヤGの歯数に応じた周波数範囲を決定する周波

4

数範囲決定手段M3と、上記周波数分析手段M1により周波数分析された信号から周波数範囲決定手段M3により決定された周波数範囲内の信号を取り出す限定信号採取手段M4と、該限定信号採取手段により取り出された上記信号の上記計測範囲における最大値を抽出する最大値抽出手段M6とを備えることを特徴とする。

#### 〔作用〕

回転体Rを回転させると、そのギヤGの噛み合いタイミング（第7図（a））に同期した振動（第7図（b））が発生する。ピックアップPはこのような振動を検出し、それに応じた電気信号を発生する。周波数分析手段M1はこの電気信号を受け、その周波数分析を行う。一方、周波数範囲決定手段M3では、回転速度検出手段M2により検出された回転体Rの回転速度とギヤGの歯数とに応じて所定の周波数範囲を決定する。限定信号採取手段M4では、周波数分析手段M1で周波数分析された信号から、周波数範囲決定手段M3により決定された周波数範囲内の信号を取り出す。

ところで、回転速度変化手段M5は、予め設定される計測範囲を含む範囲内で回転体Rの回転速度を変化させるから、限定信号採取手段M4が取り出す信号は、計測範囲内の回転速度に応じた信号となっている。そして、最大抽出手段M6は、限定信号採取手段M4により取り出された信号の計測範囲における最大値を抽出する。この最大値は計測範囲におけ最大ギヤノイズに対応している。この最大値に基づいて回転体Rの状態を測定すれば、測定したいノイズ（ギヤの噛み合いに起因するノイズ）以外の非定常的ノイズにより判定が左右される確率が低くなる。従って、特別の低振動室等を準備する必要がなく、比較的外部振動が多い場所でも簡便にギヤノイズの判定を行うことができる。

#### 〔実施例〕

本発明を適用したディファレンシャルギヤのノイズ測定装置の例を、第2図～第4図を基に説明する。本装置は、第2図に示す通り、ベンチ2上にセットされたディファレンシャルギヤユニット4のギヤノイズを測定するものである。ベンチ2にはギヤユニット4の他、ギヤユニット4を回転駆動するモータ6、ギヤユニット4の回転をスムーズにするフライホイール8及びギヤユニット4の回転速度を検出する回転速度センサ10等が搭載されている。ギヤユニット4のハウジング12には振動ピックアップ14が取り付けられ、その信号はチャージアンプ16を介して電子制御装置（ECU）30に入力される。回転速度センサ10からの信号もECU30に入力される。

ECU30は周知のマイクロコンピュータにより構成され、CPU31、RAM32、ROM33、入力ポート34、出力ポート35及びそれらを接続するバスライン36等から成る。入力ポート34には前記回転速度センサ10からの回転速度信号及びチャージアンプ16により増幅された振動ピックアップ14からの信号が入力され、出力ポート35からはモータ

6の制御装置18へ回転指令信号が、表示装置40へ供試ギヤユニット4のギヤノイズ判定結果信号が出力される。

CPU31はROM33に予め格納された次のようなプログラムに従い、処理を行う。第3図はそのプログラムのフローチャートである。本ルーチンが開始すると、先ずステップ100で、各種変数のクリア、入出力機器の初期化等の初期化処理を行う。次にステップ102で、指令回転速度 $R_0$ に増分 $\Delta R$ を加える。本ルーチンが最初に実行されるときは、指令回転速度 $R_0$ はステップ100の初期化処理により0となっているため、 $R_0$ は最初は $\Delta R$ となる。ステップ104ではこの指令回転速度 $R_0$ を制御装置18に出力し、モータ6を回転速度 $R_0$ で回転させる。ステップ106では、回転速度センサ10から検出回転速度 $R_i$ を入力する。ギヤユニット4の回転が定常状態にあれば指令回転速度 $R_0$ と検出回転速度 $R_i$ とは等しいはずであるが、過渡的状态等では、両者は異なる場合がある。ステップ108では、検出回転速度 $R_i$ が所定の計測開始回転速度 $R_1$ に達したか否かを判定し、未だ達していない場合には、ステップ102へ戻って出力回転速度 $R_0$ を $\Delta R$ だけ上昇させる。

ステップ102~106の処理を繰り返すことによりギヤユニット4の回転速度が $R_1$ に達した場合には、ステップ110に進み、回転速度 $R_i$  (rpm) から、次式により、サンプリング周波数 $f_n$  (Hz) を算出する。

$$f_n = n + R_i + K/60$$

ここで、 $K$ はデファレンシャルギヤユニット4のリングギヤの歯数である(回転速度センサ10が被駆動軸側に取り付けられているため、被駆動軸のリングギヤの歯数をとる)。又、 $n$  ( $=1, 2, \dots$ ) は次数であり、計測の目的に応じて、 $n=1$ として基本波をとってもよいし、2以上として高調波を採取してもよい。

次のステップ112では、チャージアンプ16により増幅された振動ピックアップ14からの信号 $v(t)$ を所定時間 $\Delta t$ だけ入力する。この所定時間 $\Delta t$ は、先に算出したサンプリング周波数 $f_n$ を考慮して、その1周期以上の適当な時間をとる。そしてステップ114において、入力信号 $v(t)$ を周波数分析してスペクトル信号 $V(f)$ を得る。これは周知の高速フーリエ変換(FFT)等の手法により行うことができる。

次いで、ステップ116で、スペクトル信号 $V(f)$ のサンプリング周波数 $f_n$ における強度 $A(R_i)$ を求める。ここで、 $f_n$ の1点のみの強度でなく、 $f_n$ を挟んだ所定の周波数範囲の積分強度をとってもよい。これにより、供試ギヤユニット4の回転速度 $R_i$ におけるギヤノイズのレベル $A(R_i)$ が求められる。

ステップ118では、回転速度 $R_i$ が所定の計測終了回転速度 $R_2$ を超えているか否かを判定し、未だ超えていない場合には、ステップ102~116を繰り返す。

全計測範囲の測定を終え、 $R_i > R_d$ となったときにはステップ120へ進み、計測範囲 $R_1 \sim R_2$ における $A(R_i)$ の

最大値 $AM$ とする。この最大ノイズレベル $AM$ の大きさにより、ROM33に記憶された所定のランク表に従い、供試ギヤユニット4のランク付けを行い、ステップ122で表示装置40に表示する。 $A(R_i)$ のカーブ及びランク付けの一例を第4図に示す。この例では、 $AM$ の大きさにより4段階にランク付けを行い、4個のランプ42で表示を行っている。以上で本ルーチンを終わる。

以上のように、本実施例のギヤノイズ測定装置では、供試ギヤユニット4の回転速度を徐々に上昇させてゆき、計測範囲 $R_1 \sim R_2$ 内の各回転速度 $R_i$ におけるノイズレベルを採取する。その際、振動ピックアップ14からの信号のうち、各回転速度 $R_i$ に応じた周波数 $f_n$ (又はその近傍)の信号のみを取り出し、最終的には計測全範囲 $R_1 \sim R_2$ における最大ギヤノイズにより判定するため、測定したいノイズ(ギヤの噛み合いに起因するノイズ)以外の非定常的ノイズにより判定が左右される確率が低くなる。従って、特別の低振動室等を準備する必要がなく、比較的外部振動が多い場所でも簡単にギヤノイズの判定を行うことができる。

以上、本発明の実施例について説明したが、本発明はこの様な実施例に何等限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲において種々な態様で実施し得ることは勿論である。例えば上記実施例では、周波数分析をECU30が行うとしていたが、専用の周波数分析装置を用いてもよい。

#### 発明の効果

本発明によると、限定信号採取手段が回転体の回転速度と歯数とに応じた周波数範囲(サンプリング周波数)の信号を取り出すため、回転変化手段が回転体の回転速度を変化させることにより、所望の範囲内の回転速度において、回転速度に応じたギヤノイズを測定し、その最大値を得ることができる。つまり、広い範囲の回転速度に対するギヤノイズが測定でき、その最大値に基づいて測定を行えるため、サンプリング周波数を固定したときのように、ギヤノイズとは無関係な非定常的ノイズの影響を受ける確率が小さくなり、誤判定の可能性が低下する。又、使用回転速度全範囲でのギヤノイズを比較的短時間のうちに測定し、状態を診断できる。したがって、例えば自動車のデファレンシャルギヤのように様々な回転速度で使用される機械に対してはきわめて有効な測定結果を短時間で得ることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

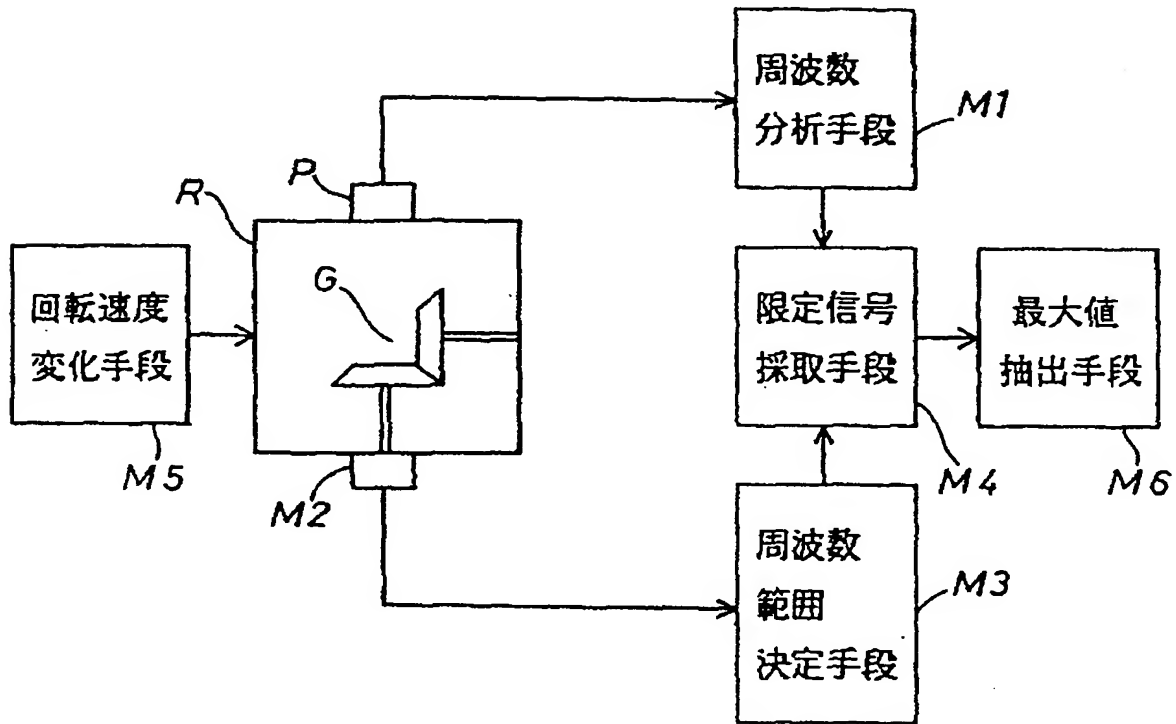
第1図は本発明の概念的構成図、第2図は本発明の実施例であるデファレンシャルギヤユニットのギヤノイズ測定装置の構成図、第3図は実施例の測定装置の電子制御装置で行われる処理のフローチャート、第4図はギヤノイズカーブと判定の一例を示すグラフ、第5図は従来のギヤノイズ測定装置の構成を示すブロック図、第6図(a)、(b)は従来のノイズレベル判定の方法を示すグラフ、第7図(a)、(b)はギヤの噛み合いタイミ

7  
ングと検出される振動レベルの大きさを示すグラフである。

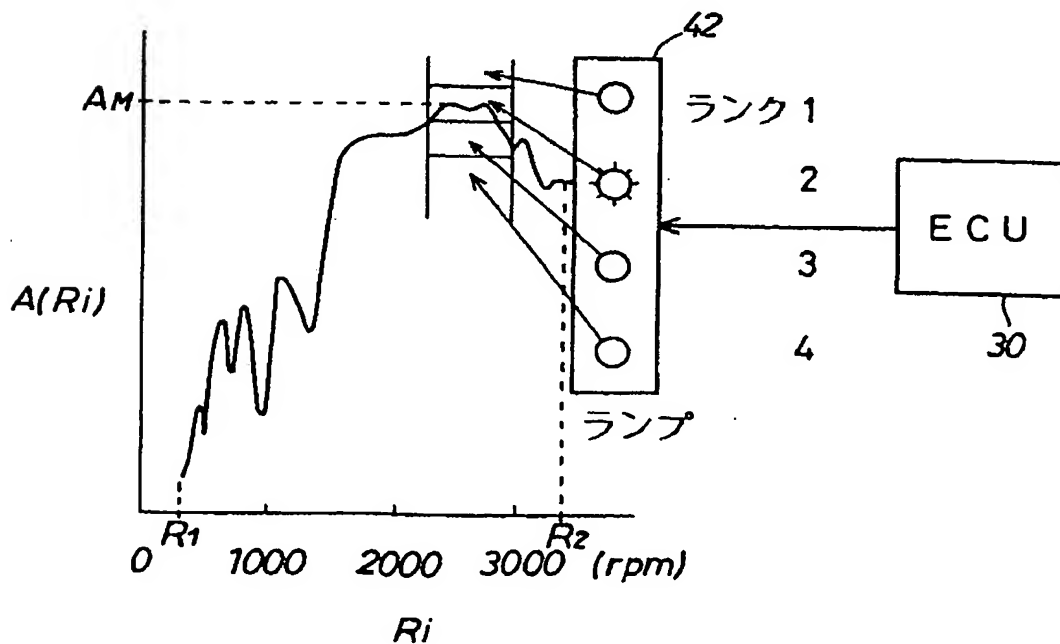
R … 回転体、G …… ギヤ、  
4 …… ディファレンシャルギヤユニット、

8  
P、14 …… 振動ピックアップ、  
M2 …… 回転速度検出手段、10 …… 回転速度センサ、  
30 …… 電子制御装置、40 …… 表示装置

【第1図】

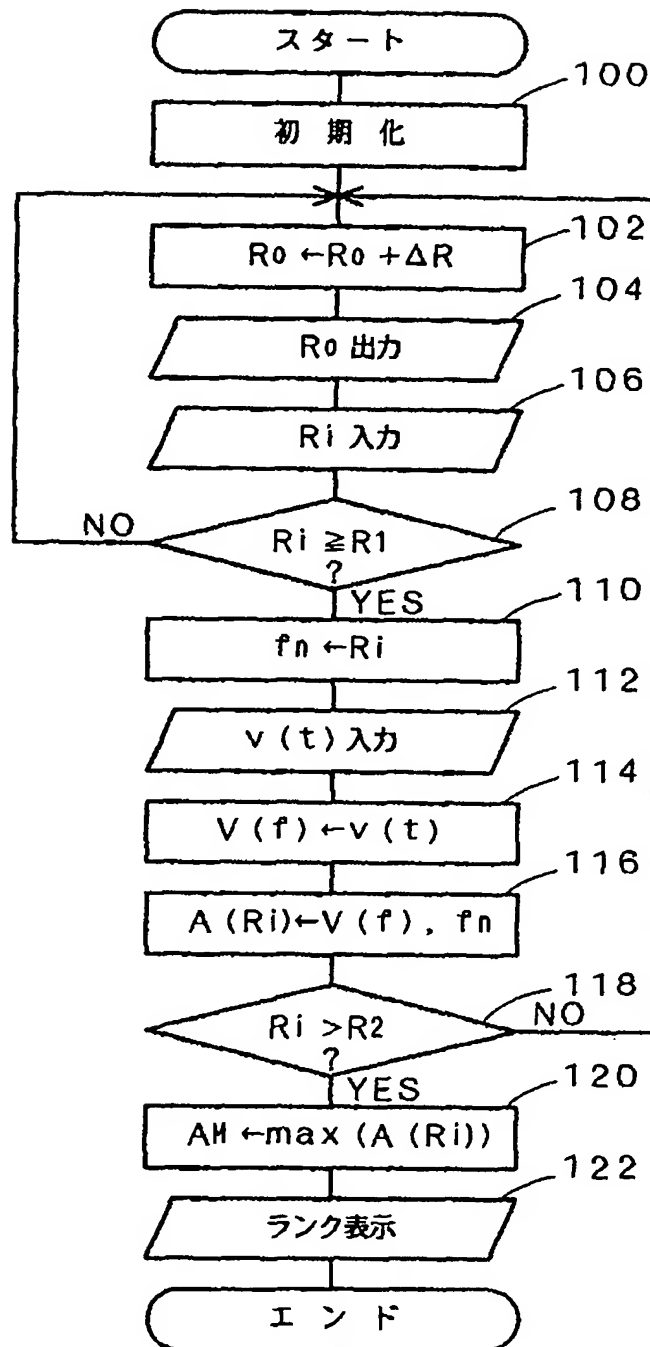


【第4図】

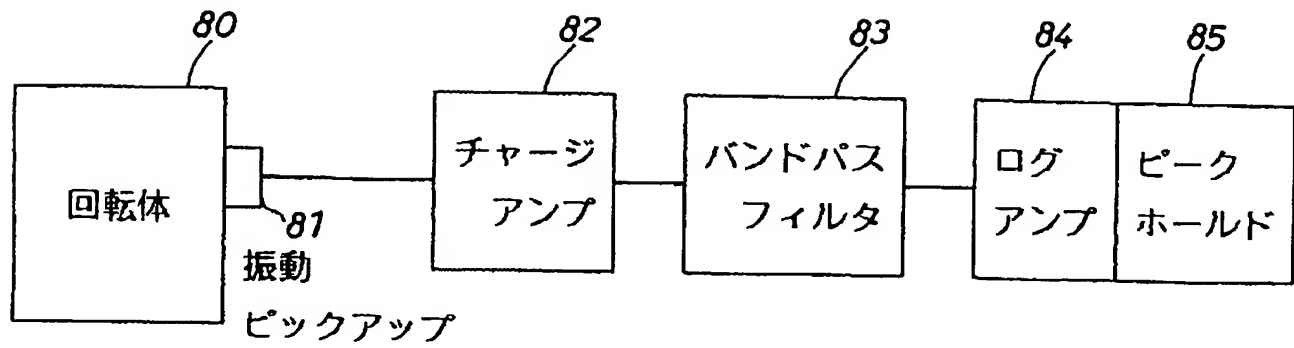




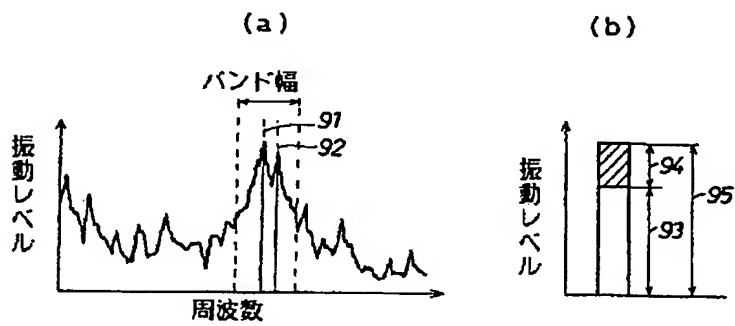
【第3図】



【第5図】



【第6図】



【第7図】

